

KARELIA-AMMATTIKORKEAKOULU  
Rakennustekniikan koulutusohjelma

Erkki Laakkonen

PUURUNKOISEN ULKOSEINÄN ERISTÄMISMENETELMIEN VERTAILU

Opinnäytetyö  
Toukokuu 2013



**OPINNÄYTETYÖ**  
**Toukokuu 2013**  
**Rakennustekniikan koulutusohjelma**

Tikkarinne 9  
80200 JOENSUU  
Puh. 013 260 600

Tekijä(t)  
Erkki Laakkonen

Puurunkoisen ulkoseinän eristämismenetelmien vertailu

SAVO-KARJALAN ERISTYS JA SANEERAUS OY

#### Tiivistelmä

Työn tarkoitus oli vertailla ja tutkia uudempaa puurunkoisen ulkoseinän eristemenetelmää perinteisempiin ja tunnetumpiin menetelmiin. Toimeksiantajayritys oli vasta aloittamassa kyseisen uudemman eristämismenetelmän käyttöä ja näin oli tarkoitus seurata ja tutkia sen toimivuutta. Työn avulla oli tarkoitus selvittää, ottaako toimeksiantajayritys eristämismenetelmän käyttöön omiin eristyspalveluihinsa. Eristämismenetelmä johon työssä tarkemmin paneuduttiin, oli lasipuhallusvillamenetelmä, jolla puhallettiin seiniä.

Työn toteutuksessa keskityttiin työtekniiseen puoleen ja kenttätööhön, johon sisältyi kustannusten seuranta ja työtekniikoiden tarkastelua. Työtekniikan toimivuutta testattiin käytännön testeillä. Teimme eristystöitä ja näin saimme kokea työtekniikat ja toimintatavat hyvin. Työmailla ollessa ja työtä tehdessä näimme ja aloimme ymmärtää menetelmän mahdollisuudet sekä käyttökohteet.

Opinnäytetyötä ja erilaisia eristyskohteita tehdessä, saimme selvää siitä, minkälaisiin kohteisiin eristysmenetelmä soveltuu. Kehittelimme myös mahdollisia rakenneratkaisuja joihin se soveltuisi. Eristemenetelmän kilpailukyky ja ominaisuudet vertailtaviin enemmän käytettyihin eristysmenetelmiin nähden todettiin hyväksi. Näin opinnäytetyö selvensi eristemenetelmän jatkokäyttöä ja markkinoita.

Kieli  
suomi

Sivuja 45  
Liitteet 3  
Liitesivumäärä 6

Asiasanat  
eristäminen, puhallusvilla, ulkoseinä



**THESIS**  
**May 2013**  
**Construction engineering**  
**training program**  
Tikkarinne 9  
FI 80200 JOENSUU  
FINLAND  
Telephone number of The Centre  
013 260 600

Author(s)  
Erkki Laakkonen

The wood frame outer walls insulation systems comparison

SAVO-KARJALAN ERISTYS JA SANEERAUS OY

#### Abstract

The purpose of the thesis was to compare and study a newer timber-framed external wall insulation method with more traditional and well-known methods. The commissioner was starting to use the newer insulation method and thus this formed the basis for comparing and examining its effectiveness. The thesis was intended to determine whether the commissioning company should take the insulation method into its own insulation services. The insulation method studied in this thesis was glass blowing wool.

The focus of the execution concentrated on technical part and field work, which included costs of monitoring and comparing working techniques. Practical tests were used to study the functionality of the working technique. I myself took part in the insulation work and therefore I was able to experience the working techniques and practices well. Learning and understanding the possibilities of the method while working and spending time on the sites provided valuable information.

While doing the thesis and working on different insulation sites, suitable sites for the insulation method were discovered. Moreover, possible structures where the method would be suitable were developed. The competitiveness of the insulation method and the features were found to be good compared to more widely used insulation methods. Therefore the thesis clarified the further use and markets of the insulation method.

Language  
Finnish

Pages 45  
Appendices 3  
Pages of Appendices 6

Keywords  
isolation, blowing wool, outer wall

# Sisältö

1	Johdanto.....	6
2	Eistäminen.....	7
2.1	Lämmöneristeet.....	7
2.2	Pakkaus, varastointi ja kuljetus.....	8
2.3	Kiinnitys, tiivistys ja saumaus.....	8
2.4	Lämmöneristystyö.....	8
2.5	Eristevelyillä eristäminen.....	9
2.6	Puhallettava lämmöneriste.....	9
3	Ulkoseinän eristäminen.....	10
3.1	Eriste suojaa.....	11
3.2	Säästöä eristämällä.....	11
3.3	Lisäeristykset.....	11
3.4	Kylmäsilat.....	12
4	Ekovilla.....	12
4.1	Ekovillan lämmöneristävyys.....	13
4.2	Ekovilla puhalluseristeet.....	13
4.3	Ekolevyvillaeristeet.....	15
4.4	Ilma ja kosteus ekovillassa.....	15
4.5	Ekovillan paloturvallisuus.....	15
5	Kivivilla.....	16
5.1	Kivivillan lämmöneristävyys.....	16
5.2	Kivivillan paloturvallisuus.....	16
5.3	Ilma ja kosteus kivivillassa.....	17
5.4	Kivilevyvillat.....	17
5.5	Kivivillapuhalluseristeet.....	17
6	Lasivilla Knauf.....	18
6.1	Lasivillan lämmöneristävyys.....	18
6.2	Lasilevyvillaeristeet.....	18
6.3	Lasivilla puhalluseristeet.....	19
6.4	Lasivillan paloturvallisuus.....	19
7	Seinäpuhallus prosessi.....	19
7.1	Valmistava vaihe.....	19
7.2	Puhaltaminen.....	20
8	Kustannusten vertailua.....	22
8.1	Kustannukset.....	22
8.2	Vertailun tulokset.....	23
9	Lisäeristäminen Knauf puhallusvillalla.....	24
9.1	Lisäeristäminen.....	24
10	Testiseinä.....	29
11	Matalaenergiatalon eristäminen lasipuhallusvillalla.....	30
11.1	Eistäminen.....	31
11.2	Alapohja.....	31
11.3	Yläpohja.....	31
11.4	Ulkoseinät.....	32
11.5	U-arvojen laskeminen.....	33
12	Tuotteen kehittäminen ja markkinointi.....	35
12.1	Markkinointi.....	36

13 Yhteenveto.....	37
Lähteet.....	39

## Liitteet

Liite 1	Kuvia kohteista
Liite 2	Seinäleikkaus US1
Liite 3	Seinäleikkaus US2

## 1 Johdanto

Rakennuksen eristäminen yleensäkin on energiansäästön vuoksi erittäin tärkeää, mutta eristemateriaaleja ja menetelmiä valittaessa on lämmöneristämiskyvyn lisäksi hyvä kiinnittää huomiota eristeen hygroskooppisiin ominaisuuksiin, kuten materiaalin lämmönjohtavuuden ( $\lambda$ ) mitta on  $W/(m \cdot K)$ . Eistemateriaalin lämmöneristyskykyyn vaikuttaa myös sen kyky sitoa kosteutta ja varastoida lämpöä. Rakenteen eristyskykyä ilmaistaan lämmönläpäisykertoimella eli u-arvolla. Se kertoo kuinka paljon lämpöä siirtyy rakenteen läpi jouleja sekunnissa eli  $J/s$  neliömetrin kokoiselta alueelta, lämpötilaeron ollessa  $1K$ . Mitä pienempi lämmönläpäisevyyttä ilmaiseva U-arvo luku on, sitä paremmin eristemateriaali ja rakenne eristävät. Rakennuksen ulkoseinän eristäminen on tärkeä vaihe rakentamisessa, niin suunnittelu kuin toteutus vaiheessakin. Ulkoseinän eristeet vaikuttavat rakennuksen sisälämpötilaan, lämmityskustannuksiin ja yleiseen viihtymiseen rakennuksessa. Siksi eristämiseen kannattaa perehtyä suunnittelu ja rakennusvaiheessa, jotta rakennukselle saadaan sopivin ja toimivin eristeratkaisu. Ulkoseinien eristämismenetelmiä on erilaisia ja eri materiaaleista. Ulkoseinien eristämismenetelmä riippuu aina seinän tyypistä, eli mistä materiaalista ja miten seinän runko on valmistettu.

Työssä perehdyttiin puurakenteisten ulkoseinien eristämiseen ja niissä yleisimmin käytettäviin eristysmenetelmiin sekä lisäeristykseen. Menetelmien välillä vertailtiin eristetyöhön käytettyä aikaa, käytännön työmenetelmiä ja kustannuksia.

Työssä esiteltäviä eristysmenetelmiä ovat seuraavat:

- perinteinen levyvillalla eristäminen
- selluvillapuhallus
- lasivillapuhallus

Kaikkein tarkimmin työssä perehdytään kuitenkin lasivillapuhallusmenetelmään ja muita lähinnä käydään läpi lähinnä vertailumielessä.

Perinteinen levyvillalla ulkoseinän eristäminen on yleisin eristämismenetelmä. Syitä rakentajilla voi olla monia, valitessaan rakennuksen eristetapaa. Kohteen tyyppi ja rakenneratkaisut ovat tietenkin merkittävän eristämistavan valintaperuste, mutta tietysti kustannukset ovat myös hyvin usein erittäin ratkaisevassa asemassa. Tarkkaan suunnitteleamalla ja laskemalla löydetään rakennuskohteelle aina paras mahdollinen eristysmenetelmä sekä materiaalit, jotka vaikuttavat rakenteen toimivuuteen sekä kustannuksiin. Kustannuksissa tämä näkyy niin rakentamiskustannuksissa kuin myöhemmin eteenpäin rakennuksen käyttökustannuksissa.

Työn tarkoituksena oli tehdä vertailua eri puu-ulkoseinän eristysmenetelmien kesken kustannuksien ja työtekniikoiden osalta. Työn tavoite oli saada selville, vertailun sekä tutkimisen kautta, kuinka uudempi vähemmän tunnettu eristemenetelmä pystyy kilpailemaan ja haastamaan jo ennestään paremmin tunnetut ja käytetyt eristämismenetelmät. Tarkoitus oli selvittää, kuinka tuntemattomampi lasivillan seinäpuhallusmenetelmä eroaa muista menetelmistä ja tarkastella asiaa eri näkökulmista. Mitkä olisivat lasivillapuhallus menetelmän etuja ja mitkä haittoja? Knaufin lasivilla seinäpuhallusmenetelmä on peräisin Yhdysvalloista ja Suomessakin sitä on käytetty jo pitemmän aikaa, mutta koko Suomen alueelle sen käyttö ei ole vielä kovin yleistä. Menetelmän tutkiminen ja vertailu tuo tarkempaa tietoa ja suuntaa sen mahdollisuuksista kilpailla muiden eristemenetelmien kanssa nykypäivän rakentamismarkkinoilla Suomessa. Erilaisten esimerkkien, laskelmien ja tutkimuksien avulla on tarkoitus selvittää menetelmän kustannuksia, työtekniikkaa, ominaisuuksia ja kilpailukykyä.

## **2 Eristäminen**

### **2.1 Lämmöneristeet**

Lämmöneristeiden sekä niiden kiinnitystarvikkeiden tulee kestää suunnitellun käyttöiän, sekä sään ja ympäristön aiheuttamat rasitukset. Vaatimukset lämmöneristeille suunnitelma-asiakirjoissa lämmönjohtavuuksien ja muiden ominaisuuksien osalta voidaan osoittaa hyväksytyiksi, eurooppalaisen tuotestandardin tai eurooppalaisen teknisen

(ETA) hyväksynnän CE- merkinnällä. Tyyppihyväksyntä on pätevä tuotteelle kunnes tuote saa standardihyväksynnän. Tuotesertifikaatin avulla voidaan osoittaa lämmön eristeen kelpoisuus käyttökohteeseen. Lämmöneristystuotteet ovat mitta-tarkasti valmistettuja, jotta ne saadaan asennettua tiiviisti toisia eristeitä tai muita rakennepintoja vasten. Tuotteiden on täytettävä valmistajan antamat mitta- ja laatutarkkuudet. [ 9.]

## **2.2 Pakkaus, varastointi ja kuljetus**

Tuotteisiin on merkitty niiden ominaisuudet selvästi, joko itse tuotteeseen, pakkaukseen, toimitusasiakirjaan tai sitten ne ilmoitetaan muuten. Tyyppihyväksyntämerkinnät on löydyttävä pakkauksista, jos tyyppihyväksyntä tuotteelle löytyy. Varastoinnissa on noudatettava valmistajan ohjeita tuotteen säilytyksessä, jotta tuotteen ominaisuudet eivät kärsi. Erityisesti kosteudelta suojaukseen on kiinnitettävä erityistä huomiota. Tuotteiden kuljetuksessa rakennuspaikalle on suojattava tuotteet mekaanisilta vaurioilta, kostumiselta ja likaantumiselta. [ 9; 8.]

## **2.3 Kiinnitys, tiivistys ja saumaus**

Eristystyössä käytettävät materiaalit eivät saa aiheuttaa syöpymistä tai värin muuttumista muissa rakennustarvikkeissa tai pinnoissa, eivätkä ne saa kehittää ympäristölle tai käyttäjille haitallisia kaasuja ja aineita. Jos kiinnitystarvikkeita käytetään sellaisissa oloissa, joissa ne voivat altistua kosteuden, muun rakennusaineen, ilman tai muulle syövyttävälle rasitukselle, on käytettävä erikoiskestävästä materiaalista valmistettuja kiinnitystarvikkeita. Tarkat ohjeet on selvitettävä aina valmistajalta. Tällöin voidaan varmistua siitä, että materiaalit toimivat ominaisuuksiensa mukaan.

## **2.4 Lämmöneristystyö**

Alustan tai eristeelle varatun tilan on oltava puhdas ja tasainen, jotta eriste asentaessa asettuu ja toimii vaaditulla tavalla. Pintojen epäpuhtaudet tulee poistaa huolellisesti, varsinkin liimattavien pintojen osalta. Lämmöneristystyötä tekevän on oltava perehtynyt työhönsä ja tekijän tulee tehdä työ suunnitelmien ja valmistajan ohjeiden mukaan. Eris-



tyskerrosta tehdessä pyritään mahdollisimman ehjään ja pitävään eristekerrokseen ja vältetään turhia saumoja. Lämmöneriste tulee asentaa tiiviisti sille varattuun tilaan niin että se täyttää tilan kokonaan ja eristää joka puolelta yhtä tehokkaasti. Kun eriste asennetaan huolellisesti paikoilleen, vältetään eristeen kupruilu, ilmataskut ja muut tyhjätkolot. Nämä kaikki heikentävät eristeen lämmöneristävyttä. Eristäessä tulee käyttää valmistajan vaatimia suojavälineitä. Yleensä eristystyössä käytettävät suojavarusteet ovat: hengityssuojaimia, käsineitä ja ihon peittävää työvaatetusta.

## **2.5 Eristelevyillä eristäminen**

Jäykät eristelevyt asennetaan niin, että ne eivät muodosta ristikuviota saumoillaan. Useamman eristyskerroksen asennuksessa tulee ottaa huomioon limitys, jotta levyjen saumat eri kerroksissa eivät ole samalla kohdalla. Valmistajien ilmoittamista levyjen paksuuksista suurin on n. 200 mm. LVIS-töistä johtuvat läpiviennit ja muut muutokset eristämisessä on toteutettava huolellisesti, mahdollisimman tiiviin eristekerroksen saavuttamiseksi. Lämmöneristysten asennus tapahtuu aina kuivana, pois lukien märkämene-  
telmällä asennettavat ruiskutettavat tai puhallettavat eristeet. Näillä eristeillä on oma kuivumisaika, minkä jälkeen eristeet voidaan peittää. Haitallisen kosteuden pääsy rakenteeseen tulee estää mutta mikäli kosteutta rakenteeseen pääsee, on sen poistuminen rakenteesta varmistettava tuuletuksen tai muiden keinojen avulla. Muita keinoja voivat olla esim. kuivausmenetelmät. Rakenteeseen jäävä kosteus on usein rakentamisen aikana jäänyttä rakennuskosteutta, joka poistuu rakenteesta tuuletuksen toimiessa. Tuuletuksen toimivuudesta tulee varmistua, jotta rakenne pääsee tuulettumaan vapaasti esteittä joka puolelta. Lämmöneristystyö on tehtävä tarkasti suunnitelmien mukaan, niin kuin mikä tahansa muu yksityiskohtaista tarkkuutta vaativa työ. Erityisesti rakenteen liitoskohtien lämmöneristäminen on tehtävä huolellisesti. [ 7; 8.]

## **2.6 Puhallettava lämmöneriste**

Puhallettava eriste tulee asentaa siihen tarkoitettulla puhalluskoneella ja eristettävä alue on rajattava ja suojattava suunnitelmien mukaisesti. Ennen puhallustyötä on eristettävä

muulla menetelmällä sellaiset kohdat, joita ei puhaltamalla saada eristettyä kunnolla. Ahtaat nurkat ja muut vastaavat paikat tulee tilkitä levyvillalla ennen puhalluseristämistyön suorittamista. Jos puhallustyössä käytetään kosteutta sisältävää eristettä, on varmistettava että rakenne on sopiva sille. Rakenteen on myös annettava kuivua valmistajan/urakoitsijan ohjeiden mukaan, ennen seinän sulkemista. Eristeelle valmistellun tilan on oltava esteetön ja suunniteltu puhallustyötä varten niin että eriste saadaan puhallettua tiiviisti joka puolelle. [ 7; 8.]

### **3 Ulkoseinän eristäminen**

Rakennuksen ulkoseinä toimii suojana sääoloja vastaan, seinän on pysäytettävä kylmyys, sadevesi, tuuli, ääni ja tuli. Hyvä ja toimiva ulkoseinärakenne sekä oikeat eristeratkaisut mahdollistavat terveellisen ja miellyttävän sisäilman rakennukseen. Tarkoin suunniteltu ja toteutettu lämmöneristys on aina myös taloudellisesti kannattava investointi. Eristämiseen panostaminen näkyy energiankulutuksessa ja sähkölaskuissa. Rakennuksen eristämiskustannukset ovat yleensä noin 3–5 % koko rakennuksen rakentamiskustannuksista. Lämmöneristys maksaa itsensä takaisin verrattain nopeasti suhteessa rakennuksen käyttöikänsä. On laskettu, että 50 % normaalia vähemmän energiaa kuluttavan talon rakentaminen maksaa vain 5 % enemmän kuin tavanomaisen talon rakentaminen. Suomessa astuivat voimaan 1.7.2012 uudet määräykset ja ohjeet rakennusten energiatehokkuudesta, jonka tarkoituksena on parantaa uudisrakentamisen energiatehokkuutta n. 20 % aikaisempaan määräystasoon verrattuna. Muutoksena entiseen on, että nyt aletaan tarkastella rakennuksen koko vuotuista energiankulutusta, jolle asetetaan yläraja, E-luku. Hyvällä lämmöneristyksellä on suuri merkitys sille, että rakennus kuluttaa mahdollisimman vähän energiaa ja tuotettu lämpö ei mene hukkaan.

### 3.1 Eriste suojaa

Rakennuksen ulko- ja sisäseinät on suojattava tulipalolta. Ulkoseiniä eristäessä on otettava huomioon minkälaiset palo-ominaisuudet käytettävällä eristemateriaalilla on. Lähes kaikki mineraalivillatyypit on luokiteltu palamattomiksi tuotteiksi, ainoita eroja eristeiden välillä on sulamislämpötiloissa ja palokuormissa. Paloluokittelu eristemateriaaleilla menee seuraavasti: A1, A2, B, C, D, E, F. Luokitukseen löytyy vielä lisämääreitä s ja d. S tarkoittaa savun muodostumista ja d tarkoittaa palossa tippuvia pisaroita tai paloja eristeestä. Liikennemelun ja muun matalaäänisen melun lisääntytyä on äänieristykselle asetetut vaatimukset kasvaneet. Monissa kohteissa on ääneneristys hyvinkin tärkeässä roolissa, joten siihen joudutaan panostamaan paljon aina suunnittelutasolta huolelliseen eristeiden asennukseen. Esimerkiksi sairaalarakentamisessa on ääneneristävyys erittäin merkittävässä asemassa.

### 3.2 Säästöä eristämällä

Rakennusten ulkoseinillä on iso merkitys energiatehokkuuden kannalta, sillä rakennuksista häviää energiaa ulkoseinien kautta noin viidesosa rakennuksen kokonaisenergiähävikistä, jos ikkunoita ja ovia ei oteta huomioon. Näin rakennusaikaiseen eristämiseen tai jälkeempään tehtävään lisäeristämiseen kannattaa pitkäntähtäimen kustannussyistä johtuen panostaa kunnolla.

### 3.3 Lisäeristykset

Lisäeristyksen tarve tulee esiin useimmiten korjausrakennuskohteissa tai saneerauksissa. Yleensä rakennuksen lämmöneristystä päätetään parantaa asumismukavuuden, energiatehokkuuden ja ulkoseinän kunnossapidon sekä toimivuuden takia. Lisäeristys voidaan asentaa rakennukseen joko ulko- tai sisäpuolelle, riippuu aina kohteesta ja seinärakenteesta. Ulkopuolelle asennettu lisäeristys on kuitenkin tehokkain vaihtoehto, sillä siinä rakennus suojataan kattavalla kylmäsillattomalla eristekerroksella, joka ei vähennä sisätilojen pinta-alaa ja on kosteusteknisesti turvallisempi vaihtoehto.

### 3.4 Kylmäsillat

Ulkoseinärakenteen lämmöneristeen läpi menevät ”kylmäsillat” ovat ulko-seinän rakentamisen suurimpia ongelmia. Tällöin korostuu eristyksen suunnittelun ja asennustyön huolellisuus. Kylmäsiltojen kohdasta virtaa ulos lämpöä paljon enemmän kuin niiden ympärillä olevien rakennusosien läpi ja siltoihin tiivistyvä kosteus lisää ulkoseinärakenteen kosteutta. Kylmäsillat aiheuttavat matalia pintalämpötiloja ja tästä johtuen myös kondenssiveden ja homeongelmien muodostumista rakenteeseen. Kylmäsillat sijaitsevat yleensä nurkissa, ikkunoissa, ovissa ja rakenteen saumoissa, joissa eristeen asennustyö vaatii erityistä huolellisuutta. Kylmäsillan voi muodostaa parvekkeen kannatus, alatai välipohjan ja ulkoseinän liittymä, alapohjan puhkaiseva pilari tai rakenteeseen sijoitettu talotekniikan komponentti joka vaatii läpiviennin rakennekerrokseen/rakenteeseen. Rakenteen halkeilu voi itsestään aiheuttaa kylmäsillan. Kylmäsiltojen määrää voidaan minimoida mahdollisimman yhtenäisellä ja tiiviillä eristekerroksella. Kylmäsiltoja tulisi välttää huolellisella rakennesuunnittelulla, sillä niiden vaikutus rakennuksen U-arvoon voi olla jopa 15 %. [ 9; 8.]

## 4 Ekovilla

Ekovillaeristeet valmistetaan sanomalehtikeräyspaperista, johon on lisätty palonestoainetta. Sanomalehtipaperi kuidutetaan koneellisesti kuivaprosessissa, minkä jälkeen siihen lisätään palonestoaineita. Valmistuksessa sovelletaan standardin SFS-EN 13172 mukaisesti dokumentoitua laatujärjestelmää. Eristeitä käytetään niin uudis- kuin korjausrakentamisessakin sekä lisäeristyksissä. Ekovillaeristeitä käytetään yläpohjiin, seiniin ja lattioihin. Ekovillaa on tuotettu Suomessa jo vuodesta 1979 ja sen ominaisuuksia on kehitelty kolmenkymmenen vuoden ajan. Puukuitueriste ei ole kuitenkaan ajatukseltaan uusi keksintö. Eristeenä on käytetty jo kauan hirttä ja sahanpurua. Ekovilla täyttää EU-direktiivin 67/548 ETY asettamat vaatimukset. Ekovilla on valmistettu kierrätyspuukuidusta ja valmistus tuottaa vähän hiilidioksidia. Tuotteena jossa puu on pääraaka-aineena, toimii eriste hiilivarastona ja valmistusprosessi tuottaa vähemmän hiilidioksidia kuin mitä puukuitu varastoi. Mitä enemmän rakentamisessa käytetään hiiltä sitovia

puupohjaisia rakennusmateriaaleja, sitä pienemmät ovat ilmakehään joutuvat CO<sub>2</sub>-päästöt.

#### 4.1 Ekovillan lämmöneristävyys

Ekovillan ilmoitettu lämpötekkinen arvo on valmistajan ilmoitettava arvo, joka perustuu CE- merkintään (tuotestandardin tai eurooppalaisen teknisen hyväksynnän eli ETA:n perusteella) tai kolmannen osapuolen antamaan sertifikaattiin. Ekovillan ilmoitettu lämmönjohtavuus ( $\lambda$ ) lasketaan standardin SFS-EN ISO 10456 mukaan. Ekovillan 23 °C:n lämpötilassa ja 50 %:n suhteellisessa kosteudessa ilmoitettu lämmönjohtavuus on vapaasti puhalletulle yläpohjaeristeelle 0,039 (W/m K), vino-onteloihin puhalletuille lämmönjohtavuus on 0,040 (W/m K). Puhalletulle seinäontelolle lämmönjohtavuus on 0,043 W(m K) ja ruiskutetulle seinäeristeelle 0,040 W/m K). Lämmönjohtavuuden suunnitteluarvot määritetään standardin SFS-EN ISO 10456 mukaan. Ekovillan ilmoitettua lämmönjohtavuutta voidaan käyttää sellaisenaan suunnittelukäytössä, koska arvot on ilmoitettu 23 °C:n lämpötilassa ja 50 %:n suhteellisessa kosteudessa. Erillistä korjausta suunnitteluarvoon ei tarvitse tehdä ilmoitetun lämmönjohtavuuden määrittämisolosuhteiden vastatessa suunnitteluolosuhteita. Ulkoilmaan rajoittuvien rakenteiden U-arvot lasketaan SFS-EN ISO 6946 ja RIL-225 2012:n mukaisesti käyttäen eristeen suunnitteluarvoa ( $\lambda_u$ ). Ekovillan ilmanläpäisevyys on pieni. Eristeen ilmanläpäisevyysarvo vaihtelee ominaispainon mukaan  $80 \dots 120 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{m s Pa}$

#### 4.2 Ekovilla puhalluseristeet

Ruiskutettavat ja puhallettavat Ekovilla-eristeet muodostavat saumattoman ja kolot täyttävän eristekerroksen. Ekovilla puhalletaan seiniin märkänä ja sen täytyy antaa kuivua valmistajan ilmoittamat 1–4 vuorokautta ennen peittämistä. Ekovillaa saa valmiiksi asennettuna ekovilla urakoitsijan kautta. Puhallettavan eristeen voi asentaa myös itse. Eristettä saa rakennustarvikeliikkeistä ja koneet vuokraamosta. Ekovilla pystyy sitomaan kosteutta 5–10 kertaa oman painonsa verran ja sen kosteus vaihtelee ympäristön mukaan. Ekovilla soveltuu puurakenteeseen hyvin samanlaisen kosteuskäyttäytymisen vuoksi. Puhallettavia eristeitä löytyy seuraavasti.

**Ekovilla YP:** yläpohjiin puhallettavan puhalluseristeen suositeltava tiheys n.  $32 \text{ kg/m}^3$  ja lämmönjohtavuus  $0,039 \text{ W(m K)}$ .

**Ekovilla AP:** alapohjiin puhallettavan puhalluseristeen suositeltava tiheys n.  $45 \text{ kg/m}^3$  ja lämmönjohtavuus  $0,040 \text{ W(m K)}$ . Soveltuu ryömintätilallisiin alapohjiin ja kolattuihin betonialapohjiin.

**Ekovilla VO:** vino-onteloihin puhallettavan puhalluseristeen suositeltava tiheys n.  $45 \text{ kg/m}^3$  ja lämmönjohtavuus  $0,040 \text{ W(m K)}$ . Soveltuu käytettäväksi lämmöneristeenä esim. vesikattorakenteissa. Pystyonteloissa käytettävän ekovillan eristetiheys on n.  $60 \text{ kg/m}^3$ .

**Ekovilla SE:** seinärakenteisiin kuivaruiskuttamalla asennettavan lämmöneristeen suositeltava tiheys on n.  $35 \text{ kg/m}^3$  ja lämmönjohtavuus  $0,040 \text{ W(m K)}$ . Ekovillan patentoima Ekovilla SE kiinnittyy kuivuessaan seinään muodostaen saumattoman ja painumattoman eristekerroksen.



Kuva 1. Seinäeristystä tehdään ekovillalla märkäpuhallusmenetelmällä.

### 4.3 Ekolevyvillaeristeet

Puukuidusta valmistettava Ekovillalevy on pinnoittamaton, pehmeä ja kimmoisa lämmöneristelevy, joka sopii hygroskooppisuutensa ansiosta juuri puurakentamiseen. Eristettä käytetään sekä uudis- että korjausrakentamiseen. Pääasialliset käyttökohdat ovat yläpohjat, alapohjat ja seinät. Ekovilla kuuluu Europaloluokka E:n ja lämmönjohtavuus on 0,039 W(m K). Ekovilla levy asennetaan leikkaamalla levy mittatarkasti runkoväliin niin, että runkoväli täyttyy tiiviisti villasta kokonaan. Villalevy voidaan myös asentaa betoni – ja tiilirakenteeseen kiinnikkeitä käyttäen. Leikkaaminen onnistuu terävällä villaveitsellä tai villasahalla.

### 4.4 Ilma ja kosteus ekovillassa

Hengittävällä rakenteelle on suuri merkitys huoneilman kosteuteen. Ekovilla eriste soveltuu hengittävänä materiaalina erityisen hyvin paksuihin rakenteisiin. Pitkä lämmityskausi ja kesäkuukausina voimakkaasti yleistynä talojen jäähdytys asettavat erityisiä vaatimuksia rakenteen toimivuudelle. Ekovillan kyky varastoida ja luovuttaa kosteutta on likimain sama kuin puutavaralla. Eriste pystyy sitomaan ja luovuttamaan vesivahinkotilanteessa nestettä moninkertaisesti painonsa verran. Kyky sitoa ja luovuttaa kosteutta johtuu eristeen raaka- aineena käytettävästä, hygroskooppisesta puukuidusta. Eriste taksaa rakenteiden kosteutta, jolloin paksutkin eristerakenteet voidaan tehdä turvallisesti. [ 15.]

### 4.5 Ekovillan paloturvallisuus

Ekovilla ei sula korkeissakaan lämpötiloissa, vaan hiiltyy kuten massiivipuu. Hiiltymisnopeus on 50...150mm/tunnissa. Eristeen tiiviys sekä puukuidulle ominainen kosteus ovat palotilanteessa palon syttymistä ja leviämistä hidastava tekijä, tuotteeseen lisätään myös valmistusprosessissa palonestoainetta. Ekovilla luovuttaa kosteutta ja hidastaa palon rasituksia suojaten eristerakenteen erottamia rakenteita tulelta. Eristeen rakenteelliset palo-ominaisuudet ovat hyvät. [ 2.]

## 5 Kivivilla

Parocin valmistama kivivilla tehdään kotimaisesta luonnonkivistä. Kivilajeja joita villan valmistuksessa käytetään ovat mm. gapro, anortosiitti ja dolomiitti. Kivivilla on 95 % kiveä ja loppu on kovetettua hartsia ja öljyä. Kivilajit sekoitetaan keskenään ja ne sulatetaan uunissa korkeassa lämpötilassa. Kivisula johdetaan uunista pyöriville linko-kehille, josta kivisula muotoutuu eristekuiduksi. Kuidutuksen aikana lisätään sideaineet ja öljyä, jonka jälkeen kuidusta muodostunut villamatto johdetaan karkaisu-uniin. Uunissa kivivillatuote syntyy hartsin sitoessa kuidut toisiinsa muodostaen jämähän tuotteelle halutun rakenteen ja paksuuden. Tämän jälkeen tuotteet sahataan mittoihin ja ne siirtyvät paketoitavaksi, jonka jälkeen ne ovat valmiita kuljetusta varten.

### 5.1 Kivivillan lämmöneristävyys

Kivivillan lämmöneristävyys perustuu villan sitomaan paikalla pysyvään ilmaan, joka tapahtuu villan tiheän kuiturakenteen avulla. Ilmaa villan tilavuudessa on noin 92–99 %. Kivivilla eristää niin kuumaa kun kylmääkin, näin sitä voidaan käyttää korkeissa lämpötiloissa sekä routaeristeenä. Asennus tulee tehdä huolellisesti ja tiiviisti, jotta villa toimii oikein eristeenä. Kivivilla on pitkäikäinen eriste ja ominaisuudet säilyvät koko rakenteen iän.

### 5.2 Kivivillan paloturvallisuus

Kivivilla kuuluu A1- paloluokkaan, johon kuuluvat myös betoni, tiili, teräs ja luonnonkivi. Paloluokka muuttuu jos eristeessä käytetään paloluokkaa heikentävää pinnoitetta. Kivivilla ei pala mutta ei se myöskään sula korkeissakaan lämpötiloissa. Sulamattomana tuotteena se suojaa muita rakenteita palon ajan. Kutistuspiste kivivillalla on, noin 950...1050 °C. Tuotteen korkein käyttölämpötila riippuu tiheydestä ja käyttötarkoituksesta. Kivivilla pitää muotonsa ja suojaa muita rakenteita vaikka kuituja yhteen sitova sideaine häviää tuotteesta jo 250 °C asteen lämpötilassa. Kivivillaeriste pystyy eristämään palossa n. 100 minuuttia.



### 5.3 Ilma ja kosteus kivivillassa

Kivivilla läpäisee ilmaa ja on hengittävä eriste. Kaikissa rakenteissa tulee olla eristeen toisella puolella ilmatiivis kerros, joka estää haitallisen ilman liikkumisen eristeen sisällä. Ilmanläpäisevyydestä johtuen on seinärakenteissa joissa tuuletusväli eristeen ja julkisivun välissä, käytettävä tuulen-suojaa. Kivivillaan ei kapillaarisesti imeydy vettä eikä kosteus pääse kerääntymään siihen hygroskooppisesti. Mahdollinen kosteus pääsee oikein tehdyissä rakenteissa kuivumaan eristeen hengittävän rakenteen avulla. Mikäli eriste pääsee kastumaan, palaa se eristävyydeltään ja muodoltaan ennalleen kuivumisen jälkeen.

### 5.4 Kivilevyvillat

Parocin levyvilloja löytyy useita eri kokoja. Paksuudet vaihtelevat 30–200mm välillä ja lämmönjohtavuus 0,034–0,037 (W/m K) mallista riippuen. Osa levyistä on pinnoitettu paperilla tai tyve kalvolla käyttötarkoituksen mukaan. Pinnoittamattomat villalevyt ovat palamattomia ja kuuluvat A1 paloluokkaan. Villaa on helppo leikata villaveitsellä ja kovempia levyjä voi leikata käsisahalla. Levy leikataan runkoväliin asennusta varten niin että levy on 5–10 mm asennusväliä leveämpi. Näin villa tulee tiiviisti ja pysyy paikallaan koko rakenteen iän. Villalevyjä löytyy tehtaalta runkomitoille vakiomittaisina, jolloin niitä ei tarvitse leveyssuunnassa leikellä. Kivivilla on myös ääntä eristävä villa ja sen ääniteknisiä ominaisuuksia hyödynnetään usein esim. Väliseinä rakenteissa, kivivilla levy asennetaan runkoväliin kahden rakennuslevyn sisään, jolloin seinän ääneneristävyyks paranee.

### 5.5 Kivivillapuhalluseristeet

Yläpohjaan puhallusvillaurakoitsijan puhaltama kivivillaeriste, joka puhalletaan yläpohjaan tiettyyn eristepaksuuteen, huomioiden 5 % painumavara puhalluspaksuudessa. Vapaapuhalluksena villan kuivatiheys  $33 \text{ kg/m}^3$ , kotelopuhalluksena ( $\leq 45^\circ$ )  $\geq 60 \text{ kg/m}^3$  ja, kotelopuhalluksena ( $> 45^\circ$ )  $\geq 70 \text{ kg/m}^3$ . [ 7.]

## 6 Lasivilla Knauf

Eristevalmistaja Knauf insulation toimii 50 maassa ja eristeiden valmistukseen sillä on tehtaita 30 maassa. Tuotteita löytyy lasi-, kivi- ja puhallusvilla, sekä puristettuja että paisutettuja polystyreeni -ja polyeteenieristeitä. Pohjois-Euroopan liiketoiminta-alueen pääpaikka sijaitsee Englannissa. Suomeen tulevat tuotteet ovat valmistettu Englannissa ja osa Venäjällä. Knauf Insulation on aktiivinen tuotekehityksessä ja siitä esimerkkinä supafil frame puhallusvilla, jolla voidaan eristää seiniä, alapohjia, välipohjia ja yläpohjia. Lasivilla on valmistettu kierrätetyistä jätelasipulloista ja hienosta hiekasta. Villan valmistusmateriaaleista noin 60 % on kierrätettyä lasia.

### 6.1 Lasivillan lämmöneristävyys

Villaa puhalletaan ylä- ja alapohjiin sekä suljettuihin koteloihin verkon läpi reilusti ilmaa käyttäen. Puhallustekniikan avulla villa muodostaa tiiviin kerroksen, täyttäen kaikki kolot, putkien ympärökset, erilaiset läpiviennit jne. Myös nurkat ja muut epätasaisuudet täyttyvät puhaltaessa kovan ilmanpaineen ansiosta. Tiivis verkon taakse puhallettu villakerros eristää lämpöä, ilmavirtauksia, ulkoilmaa ja ääntä. Asennus tapahtuu nopeasti suuriinkin aukkoihin ja paksuihin seiniin verrattaessa normaaliin levytysmenetelmään. Lämmönjohtavuusluku on 0,033 ja 0,042 (W/m K) välillä asennuksen tiheydestä riippuen. Villaa voidaan puhallata uusiin ja vanhoihin kohteisiin, sekä puhallus voidaan tehdä niin ulko- kuin sisäpuolellekin.

### 6.2 Lasilevyvillaeristeet

Levyvillaeristeitä löytyy sekä kivivillasta että lasivillasta valmistettuja. Lasivillalevyt kuuluvat paloluokkaan A1 ja niitä löytyy paljon erikokoja ja paksuuksia, paksuudet 50–200 mm. Lämmönjohtavuus levyillä on 0,033–0,037 (W/m K). Tiheitä kivivillalevyjä löytyy paksuudeltaan 20mm–180mm ja lämmönjohtavuudet 0,035–0,039 (W/m K).

### 6.3 Lasivilla puhalluseristeet

Lasivillasta valmistettu puhalluseriste jota puhalletaan yläpohjiin vapaapuhalluksena, jolloin lämmönjohtavuus 0,042 (W/m K). Lasipuhallusvillaa puhalletaan myös seiniin, alapohjiin ja vinoalakattoihin, patentoidun blown-in-blanket puhallus-systeemin avulla. Villa puhalletaan ilmaa läpäisevän kankaan taakse. Kankaan taakse puhalluksessa lämmönjohtavuus vaihtelee 0,033–0,038 (W/m K) välillä, riippuen rakenteen kulmasta ja puhallustiheydestä.

### 6.4 Lasivillan paloturvallisuus

Knaufin puhallusvilla sekä levyvillat kuuluvat Europaloluokkaan A1. A1 paloluokkaan kuuluva materiaali ei edistä paloa lainkaan. [Lähde 3.][lähde 4.][lähde 5.]

## 7 Seinäpuhallus prosessi

Knauf supafil frame tuote on kehitetty yhdysvalloissa ja se on tällä hetkellä maan yleisin käytetty puurunkorakenteiden eristysmenetelmä. Pohjoismaiden yleisin rakennustapa on puurunkorakentaminen.

### 7.1 Valmistava vaihe

Asiakas tilaa villan tuotteen valmistajan hyväksymältä urakoitsijalta asennettuna ja urakoitsija suorittaa asennuksen sekä laskutuksen. Villa voidaan puhalttaa seinään tehtyihin koteloihin, joko sisä- tai ulkopuolelle. Asennukseen tarvittavat välineet: työryhmä 1+1, kuorma-auto (pienikin riittää), puhallusvillakone, puhallusletku, kuitukangasta, paineilmanitojat letkuineen, paineilmakompressori, mattoveitsi/puukko, villaa ja tietysti tarvittavat suojaimet. Puhaltajan suojavarusteisiin kuuluu: puhallushaalari, suojakäsineet, hengityssuojain ja suojalasit. Puhalluskoneenkäyttäjän suojavarusteisiin kuuluu muuten samat kuin puhaltajalla, mutta lisänä kuulosuojaimet koneesta lähtevän melun

takia. Työmaalle saavuttaessa ennen työn aloittamista on syytä selvittää työn tarkemmat yksityiskohdat ja tarkastaa onko kohde puhalluskunnossa.

Seuraavaksi työ voidaan aloittaa kuitukankaan asennuksella, johon käytetään paineilmakompressoria ja nitojia letkuineen. Kangas nidotaan kiinni runkotolppiin tai koolaukseen, niin että kuitukangas muodostaa koolauspuiden kanssa tiiviin kotelon. Kangas nidotaan suoraan ja sopivan tiukaksi. Kangasta niitataan yksi kerros koko seinän yli ja niitit lyödään 5cm välein muodostaen tiiviitä koteloita. Ennen kankaan asennusta on kuitenkin hyvä varmistaa koteloiden tiiveys ja tilkitseminen, jotta puhaltaessa villa ei karkaa sille tarkoitetun kotelon ulkopuolelle ja samalla kotelo saadaan tiiviisti puhallettua.



Kuva 2: Villanpuhallus yksikkö (kuorma-auto ja villanpuhalluskone)

## 7.2 Puhaltaminen

Seinät ovat nyt puhalluskunnossa. Seuraavaksi tarkistetaan puhalluskoneen säädöt, jotta ne ovat puhallukseen sopivat. Villansyöttö tulee olla suuri ja ilmanpaine normaali tai matala. Puhallus tapahtuu 65 mm letkulla, jossa saman paksuinen alumiiniputki päässä. Alumiiniputken avulla saadaan puhkaistua koteloon niitattuun verkkoon reikä ja puhallettua kotelo täyteen villaa. Jäykän alumiiniputken avulla voidaan suunnata villasuihkua kotelon sisällä, kankaaseen tehdystä reiästä käsin.

Putki työnnetään reiästä läpi ja suunnataan kohti kotelon alaosaan, samalla puhaltaja käynnistää kauko-ohjaimesta villan syötön. Puhaltaja puhaltaa aluksi kotelon alaosan puhaltaen puolelta toiselle ja seuraten että kotelo täyttyy tasaisesti, tämän jälkeen putki käännetään yläosaan ja toistetaan sama. Ahtaissa paikoissa joudutaan käyttämään kaapeampaa alumiiniputkea letkun suuttimena. Puhaltaja arvioi tiheyden silmämääräisesti, aikaa seuraten ja kädellä kokeilemalla kankaan/kotelon pinnasta. Kankaan pullistuminen koolauksen yli on merkki siitä että tiheys on yli tavoite tiheyden ja lähempänä 30kg/m<sup>3</sup>. Mikäli koteloväli jää vajaaksi tiheyden puolesta voidaan siihen puhaltaa lisää, joko entisestä reiästä tai puhkaisemalla uusi reikä.

Kotelo täytetään haluttu tiheys saavuttaen, yleensä 26 kg/m<sup>3</sup>. Tiheys voidaan selvittää laskemalla kulutetut säkit koteloä tai tilavuutta kohden. Normaali koteloväli n. 0,22 m<sup>3</sup> ja puhallusnopeus n. 5 kg/min, joten vaaditun puhallustiheyden ollessa 26 kg/m<sup>3</sup> yhden kotelon puhallusaika olisi 1 min ja 8 s. Tiheyden tarkistus voidaan suorittaa myös ottamalla koepala ensimmäisestä kotelosta heti kun se on puhallettu. Palan koko vähintään 400 mm x 540 mm x 90 mm, josta saadaan punnitsemalla villan paino ja siitä voidaan laskea villan tiheys. Pala laitetaan takaisin koteloön ja paikataan eriste. Lopuksi kun kaikki kotelot on puhallettu, lasketaan käytetyt säkit ja seiniin puhalletun villan tiheys. Tämän jälkeen siivotaan omat roskat ja jätteet työmaalta.

Knaufin puhallusvilla soveltuu hyvin vaikeisiin rakennusratkaisuihin ja sekä uusiin että vanhoihin kohteisiin. Puhallussysteemin ansiosta ei puhallettavien pintojen tarvitse olla tasaisia, vaan villa tunkeutuu puhaltaessa pieniinkin rakoihin ja muodostaa pitävän eristeen. Villa voidaan puhalttaa seinärakenteesta riippuen joko seinän sisäpuolelle tai ulkopuolelle. Puhallettavan kotelon koolauspaksuus tulisi olla kuitenkin vähintään 70 mm jotta puhallus on helpompi suorittaa 60 mm suulakeputkella. Esimerkiksi lisäeristyksenä voidaan puhalttaa villa vaikka hirsiseinän ulkopintaan, tekemällä ensin ulkoseinään koolaus. Itse puhaltamisesta lisää kuvina työn lopussa. . [3; 4; 5.]

## 8 Kustannusten vertailua

### 8.1 Kustannukset

Eri eristemenetelmien kustannuksien vertailua suoritettiin eristämällä kuvitteellisesti puurunkoisen omakotitalon ulkoseinät. Samaan esimerkki taloon laskettiin kustannukset työstä ja materiaaleista, jokaisen eristämismenetelmän kohdalta erikseen. Materiaalit jotka mahdollisia, oli hankittu samasta paikasta hintatason muutoksia välttämällä. Lähtökohtana oli että 130 m<sup>2</sup>:n omakotitalon 175 mm paksu runko eristetään eri materiaaleja, eristysmenetelmiä ja ammattityötä käyttäen. Työstä ja materiaaleista lasketaan talonrakentajalle (asiakkaalle) koituvat kustannukset, sekä vertaillaan että pohditaan eroja. Eristettävää seinä pinta-alaa oli yhteensä 70 m<sup>2</sup> ja tilavuutta 12,3 m<sup>3</sup>.

Kaikki levyvilla eristeiden hinnat laskettiin samasta paikasta, hintatason muuttumista välttämällä. Paikka oli uusi netissä toimiva rautakauppa ta-loon.com. Materiaalien kustannukset laskettiin rautakaupasta saatujen neliöhintojen mukaan, suoraan liikkeestä ostetuna ja arvonlisäverollisilla hinnoilla. Vertailun vuoksi hinnat laskettiin erilaisilla villalevy paksuuksilla. Työkustannukset levyvillalla eristämiseen laskettiin työryhmällä rakennusammattimies + rakennusmies. Työmiesten veloitus laskettiin paikallisten rakennusliikkeiden veloitustason mukaan arvonlisäverollisilla hinnoilla. Työn hinta laskettiin työmenekki tth/m<sup>2</sup> \* 70 m<sup>2</sup> = tth (tehdyt työtunnit), jonka jälkeen tth \* työmiesten tuntiveloitus = työkustannukset. Urakoitsijalta tilattuun eristystyöhön kysyttiin hinta paikallisilta urakoitsijoilta. Puhallusvillalla eristäminen oli urakoitsijalta suoraan otettava työ, joten siinä hinta määräytyy kuutioiden mukaan. Kuutiohintaan sisältyi villan asentaminen loppusiivouksineen eli koko työ. Hinnan määrittelee urakoitsija työkohteen koon, sijainnin ja vaikeusasteen mukaan.

Kustannuksia ajatellen olisi toki edullisin vaihtoehto rakentajan/asiakkaan kannalta tehdä villalevyillä eristäminen itse, jolloin työ osuuden saa säästettyä. Mutta on kuitenkin hyvä muistaa että ammattilaisen tekemänä työllä on takuu. Rakentajan palkatessa rakennusmiehen tai rakennusammattimiehen työmaalle, on veloitus eristystöistä tietenkin sama kuin muistakin työvaiheista.

## 8.2 Vertailun tulokset

Materiaalit ja työkustannukset yhteen laskettuna saatiin kunkin eristysmenetelmän lopulliset kustannukset selville. Laskelmien mukaan edullisin vaihtoehto olisi Knaufin 175mm levyvillalla eristäminen ja seuraavaksi edullisin olisi Knaufin puhallusvillalla eristäminen. Kuitenkin tuloksista voidaan huomata, että samaan hintahaarukkaan n. 100€ hintaerolla mahtuu useampi tuote, joten hinta tuskin on kovin monen rakentajan valinta peruste. Pienen hintaeron vuoksi rakentajan valintaperusteet eristemenetelmän valintaan ovat luultavasti rakennustekniset tai jotkin muut. Hinnat voivat toki vaihdella paikkakunnittain ja eri liikkeiden välillä. Vertailu kuvaa yritettiin saada, ottamalla erikseen ostettavat materiaalit uudesta nettirautakaupasta. Nettioستaminen on vahvasti nykypäivää ja myös rakennus tarvikkeetkin on nykyään mahdollista ostaa netistä.

Tuloksista nähdään myös kuinka puhallettavat eristeet ovat hintansa puolesta kilpailukykyisiä tuotteita levyvilloihin verrattuna, mikäli levyvillat asentaa yritykseltä hankittu ammattimies. Ulkopuoliselta urakoitsijalta tilattu puhallusvillaeristys taloon tuo rakentajalla erilaisia etuja. Villoja ei tarvitse varastoida työmaalla vaan urakoitsija tuo ne tullessaan tekemään eristystyön. Työmaan työvoima voidaan keskittää eristystöiden ajaksi muihin töihin, näin eristetöiden tekeminen ei hidasta muita rakentamiseen liittyviä töitä. [ 10; 11; 13. ]

Taulukko 1 kuvaa eri eristysmenetelmien kustannuksia.

Ulkoseinän 175mm rungon eristämisen kustannukset, eri menetelmillä						
Tuote		Määrät (m2x €/m2)	Materiaalit €	Työ €	yht. €	
Paroc extra vuorivilla levy 175mm		70m2x11,4€/m2=	798	482	1 280	
Paroc extra vuorivilla levy 125mm+50mm		70m2x7,96€/m2+70m2x4,07€/m2=	842	964	1 806	
Rockwool vuorivillalevy 175mm		70m2x10,45€/m2=	732	482	1 214	
Rockwool vuorivillalevy 125mm+50mm		70m2x7,09€/m2+70m2x3,61€/m2=	749	964	1 713	
Ekovillalevy 175mm		70m2x16€/m2=	1 120	482	1 602	
Ekovillalevy 125mm+50mm		70m2x11,42€/m2+70m2x4,78€/m2=	1 134	964	2 098	
Knauf lasivillalevy 175mm		70m2x10€/m2=	700	482	1 182	
Knauf lasivillalevy 125mm+50mm		70m2x6,8€/m2+70m2x3,01€/m2=	687	964	1 651	
Isover lasivillalevy 175		70m2x10,41€/m2=	729	482	1 211	
Knauf puhallusvilla asennettuna		70m2x17€/m2=			1 190	
Ekovilla puhallusvilla puhallettuna		70m2x16€/m2+150€(toim.maks.)=			1 270	
Työt laskettu seuraavasti: 0,08tth/m2x70m2x(ram,kta+rm,kta)						
Ram 45€/h ja RM 41€ Hinnat sis.alv 24%						

## 9 Lisäeristäminen Knauf puhallusvillalla

Tarkoitus oli tutkia ja selvittää, kuinka Knaufin puhalleltava lasivilla soveltuisi seinän lisäeristämiseen käytännössä ja rakenteen toimivuuden kannalta. Mitä muutoksia seinään tulisi tehdä ja miten lisäeristys tehtäisiin oikein ja toimivaksi ratkaisuksi. Millainen vaikutus lisäeristyksellä on seinän kosteustekniseen toimintaan ja millainen lämpöarvo seinälle saadaan lisäeristuksen avulla. Lisäeristettäviä seinävaihtoehtoja olisi hirsiseinä, rintamamiestalon seinä ja normaali puurunkoinen seinä. seinään asennettaessa uutta lisäeristystä on otettava entinen rakenne huomioon tarkasti ja mietittävä, kummalle puolelle seinää eristys voidaan tehdä ja mitä entisiä rakennekerroksia seinään voidaan lisäeristystä tehtäessä jättää.

Ilman kosteuden kulkeminen seinässä, kosteuden tiivistyminen ja seinän riittävä tuuletus on otettava lisäeristämisen yhteydessä huomioon, jotta seinä toimii eikä tule riskirakennetta. Lisäeristämällä tai lisäeristämisen yhteydessä voidaan vanhastakin jopa vaurioituneesta seinästä tehdä hyvin eristävä ja toimiva seinärakenne. Korjauskustannuksia ja talon lämmityskustannuksia ajatellen on lisäeristäminen erittäin järkevä ratkaisu saneerausrakentamisessa.

### 9.1 Lisäeristäminen

Vanhemman hirsiseinän lisäeristäminen on hyvinkin yleinen ratkaisu hirsitalon saneeraus- ja vanha hirsiseinässä voi olla ilmanvuoto paikkoja jopa halkeamia hirressä, jotka ovat ajan teettämiä ja johtuvat hirren lämpö elämisestä. Ilman lämpötilan vaihtelut kylmästä lämpimään aiheuttavat puussa tämän. Puhallusvilla tunkeutumiskyvyllään ilmapirran avulla sopii hirsiseinän lisäeristämiseen erinomaisen hyvin.

Asennuksessa tulee ottaa huomioon hirsiseinän eristykseen liittyvä ”nyrkkisääntö”, jonka mukaan rakennekerrosten tulisi harventua ulospäin mentäessä. Eli lisäeristys on suositeltavaa tehdä hirsiseinän ulkopuolelle, jolloin hirsi tiiviimpänä materiaalina jää villaeristeen sisäpuolelle. Eristäminen ulkopuolelta alkaisi koolauksen rakentamisella hirsiseinän ulkopintaan. Koolaus tehtäisiin k600 jaolla koko ulkoseinän alalle, jonka jälkeen koolauksen pintaan niitataan puhallusverkko. Jokainen koolausväli puhalletaan täyteen



villaa. Tämän jälkeen asennetaan verkon päälle tuulensuojalevy, jonka päälle naulataan laudasta ristiin koolaus. Ristikoolaus siten että tuulensuojalevyä vasten tulevat laudat vaakaan ja vaakalautojen päälle laudat pystyyn. Ristiinkoolauksella varmistetaan seinän hyvä tuulettuvuus. Lopuksi pintaan naulataan hirsipaneeli.

Lisäeristys on mahdollista tehdä myös sisäpuolelle mutta silloin tulee ottaa huomioon hirren tuulettuvuus. Hirsi ei saa missään nimessä jäädä kahden lämmön eristeen väliin ilman riittävää tuuletusta. Sisäpuolelle tehty lisäeristys viilentää entistä hirsirakennetta ja näin kastepiste siirtyy ulospäin. Siksi rakenteen toimivuuden kannalta on hyvä varmistaa hirren tuulettuvuus riittävällä tuuletusraolla hirren ulkopinnassa. Sisäpuolisen lisäeristyksen avulla voidaan usein myös samalla oikaista vanhoja hirsiseiniä, jos ja kun hirret ovat liikkuneet.

Normaali puurunkoisen lautaverhoillun seinän lisäeristäminen on mahdollista tehdä joko sisäpuolelle tai ulkopuolelle, riippuen tietysti seinärakenteesta. Yleensä ulkopuolelle tehty lisäeristys on riskittävämpi rakenne ratkaisu. yleensä sisäpuolinen eristäminen tehdään kun ei haluta muuttaa rakennuksen ulkooverhousta, mutta myös pienemmät kustannukset ovat syynä tähän hyvin usein. [ 12. ]

Seuraavaksi kuvia hirsiseinän lisäeristys kohteesta, jossa lisäeristys on tehty vanhaan hirsiseinään sisäpuolelle 75mm koolauksella. Kuvassa 3. koolaus on asennettu ulko- ja väliseiniin.



Kuva 3. Koolattu hirsitalonseinä.

Kuvasta 3 nähdään kuinka koolaus puut on kiinnitetty metalli kiinnikkein ja lankun palasien avulla vanhaan hirsiseinään. Koolauksen ja kiinnikkeiden avulla on seinää saatu oikaistua suoraan sillä vanhan hirsiseinän hirret ovat vuosien varrella eläneet. Näin suoraan hirren pintaan on mahdotonta asentaa koolauspuita suoraan, jotta seinästä tulisi levytyksenkin jälkeen suora. Koolaus on n.75 mm paksu joten koteloissa on hyvin tilaa asentaa sähköputkia ja vesiputkia.

Kuvassa 4. koolauksen pintaan on nidottu kuitukangas jonka taakse villa puhalletaan. Väliseinän kohdalla eristetään yksi koolausväli ulkoseinän ja väliseinän liittymäkohdasta, koska muuten väliseinän kohta tekee ulkoseinän eristeeseen kylmäkatkon. Eristetty koolausväli väliseinässä eristää väliseinää ja samalla nurkkaa joka muodostuu sen liittymä kohdassa ulkoseinään.



Kuva 4. Koolauksen pintaan asennettu harsokangas.

Seuraavat kuvat ovat samasta kohteesta. Kuvassa 5. nähdään kuinka puhallustyö tapahtuu, puhaltaja on alkanut täyttämään kotelo alhaalta käsin ja kun alaosa on täyteen puhallettu kääntää puhaltaja puhallusputken samasta reiästä ylöspäin ja puhaltaa kotelon yläosan sekä keskiosan. Puhalluskoneen antaman ilmanpaineen avulla villa saadaan puhallettua kotelon yläosaan niin että se alkaa täyttää kotelo ylhäältä käsin. Jotta tämä onnistuisi, täytyy koneessa olla ilman ja villan syötön asetukset kohdallaan.



Kuva 5. Villan puhallusta

Kuvassa 6. näkyy valmiiksi puhalletut seinä kotelot. Kuvasta näkyy myös kuinka sähkö- ja vesiputket ovat tiiviisti eristeen sisässä ja läpiviennit kankaan pinnassa. Eristettävän kohteen huonekorkeus oli normaalia isompi, enimmillään 3700mm. Harsokankaan korkeus vaakaaan asennettuna on 2800mm, joten korkeimmissa kohteissa kankaan joutuu asentamaan pystysuunnassa. (Lisää kuvia kohteesta työn lopussa).



Kuva 6. Puhalletut seinät, joissa on villan sisässä sähkö- ja vesiputkia.



Kuva 7. Ikkunan alapuolisten koteloiden puhallus on menossa.



Puhallustekniikan ansiosta villa tunkeutuu putkien ja rasioiden ympärille tiiviisti, eikä eriste kerrokseen tule aukkoja.

Kuvassa 7. näkyy sähkörasioiden asennus eristettävän kotelon sisäpuolella. Harsokangas on leikattu rasioiden mukaan jotta villa ei pääse puhaltaessa pursuamaan rasioiden kohdalta kankaan takaa ulos

## 10 Testiseinä

Teimme käytännön testin jonka avulla pystyi näkemään kuinka puhaltamalla asennettu knauf lasivilla todella asettuu runkotalppien väliin koteloon. Rakensimme testiseinän joka esitti runkoväliä. Runkotalpat olivat pystyssä ja vaakapuut ylhäällä sekä alhaalla, jotta saatiin aikaan kotelomainen rakenne.



Kuva 8. ja Kuva 9. Testiseinä

Taustana tuulensuojalevynä toimi vaneri ja erikoisuutena oli toisen runkotolpan tilalla kirkas läpinäkyvä pleksilasi.

Lasin läpi näki sivusta kuinka villa täyttää nurkat ja kolot ja kuinka tasaisesti se asettuu verkon taakse koteloon. Hankaloitimme vielä villan kulkeutumista joka paikkaan laittamalla kolmiorimat kotelon takaseinään vaneriin kiinni. Kolmiorimat muodostivat pimeänkulman ”taskun” vanerin pinnan ja riman väliin. Seuraavaksi harso niitattiin kotelon sisäpintaan kiinni ja puhallettiin kotelo täyteen villaa. Kotelon puhallettua pystyi nyt sivu pleksin läpi näkemään, kuinka villa menee ilman avulla puhaltaen pienimpiinkin koloihin ja kotelo täyttyy tasaisesti joka puolelta. Huomata sai että villa tunkeutuu puhaltaessa, jopa kotelon takaosaan vaneriin kiinnitettyjen kolmio rimojen taakse, jonne villan pääsy oli hankalaa. Testissä käytimme knaufin villalle sopivaa puhallusvilla kalustoa. [ 6. ]

## **11 Matalaenergiatalon eristäminen lasipuhallusvillalla**

Matalaenergiarakennukset voidaan jakaa kahteen eri luokkaan: matala-energiatalo (enintään 50 kWh/ (m<sup>2</sup>a)) ja passiivitalo (enintään 25 kWh/ (m<sup>2</sup>a)). Matalaenergiarakentaminen perustuu rakennuksen rakentamisen kokonaisvaltaiseen energiatehokkuuteen. Tähän pyritään rakennuksen arkkitehtuurin sekä rakenne- ja talotekniikan yhteistoiminnan avulla. Matalaenergiarakennuksen energiatehokkuus perustuu seuraaviin tekijöihin: rakennuksen vaipan tiiveys, ulkovaipan lämmöneristävyys ja kylmäsiltojen välttäminen, tehokas ja ohjattu koneellinen ilmanvaihtojärjestelmä lämmön talteenotolla. Matalaenergiarakennuksen arkkitehti-, talotekniikka- ja rakennesuunnittelun periaate on yksinkertaisuus ja varmatoimisuus. Aurinkolämmön ja rakennuksen sisäisen lämmön tuoton hyödyntäminen lämmityskaudella ja kesäkaudella rakennuksen viilentäminen aurinkosuojilla ja ilmanvaihdon kautta yöilmalla ovat merkittäviä tekijöitä.

## 11.1 Eristäminen

Matalaenergiatalon eristäminen onnistuu Knaufin puhallettavalla lasivillalla kokonaan. Villa voidaan puhalttaa alapohjiin ja seiniin verkonläpipuhallus menetelmällä ja yläpohjan eristäminen voidaan suorittaa vapaapuhalluksena. Matalaenergiatalon energiatarveluokassa M-50 pientalon ohjearvoja U-arvoille ovat seuraavia:

– ulkoseinät	0,12 W/m <sup>2</sup> K
– alapohja maanvastainen	0,12 W/m <sup>2</sup> K
– alapohja ryömintätilaan	0,10 W/m <sup>2</sup> K
– yläpohja	0,08 W/m <sup>2</sup> K

## 11.2 Alapohja

Alapohjan rakenne olisi puurakenteinen ja malliltaan ryömintätilallinen alapohja eli tunnettu myös nimellä ”rossipohja”. Puhallustyö suoritettaisiin kotelopuhalluksena lattiapalkistoon harsokankaan avulla tehtyihin koteloihin. Koteloiden pohjalla olisi tuulen-suojalevy jota kannattelee lauta koolaus.

Ryömintätilalliseen alapohjaan tulisi puhalttaa harson läpi kotelopuhalluksena villaa 300mm kuutiopainolla (23 kg/m<sup>3</sup>), jotta päästäisiin haluttuihin U-arvoihin.

## 11.3 Yläpohja

Yläpohjan eristäminen tapahtuisi vapaapuhalluksena ja villaa tulisi puhalttaa 450 mm kuutiopainolla (12 kg/m<sup>3</sup>), jotta vaadittu U-arvoluku täyttyy. Villa puhalletaan höyryn-/ilmansulkumuovin päälle jota kannattelee harva laudoitus. Laidoituksessa on otettava huomioon että villa ei pääse painamaan lautojen välistä muovia kiinni katon sisäverhoukseen. Laidoitus oltava tarpeeksi tiheä max. 50 mm.

## 11.4 Ulkoseinät

Ulkoseinän rungon eristäminen tehtäisiin knaufin supafil frame menetelmän avulla ja paksuutta tulisi 300mm. Sisäpuolen lisäeriste tulisi levyvillasta 50mm. Sähköjen vedot tulisivat höyrynsulkumuovin sisäpuolelle levyvillakerrokseen. Levyvillojen huolellinen asennus tulisi tehdä sähköjohtojen mukaan. Ulkoseinärakenteista löytyy leikkauskuvat työn lopusta liitteenä. Ulkoseinän U-arvo seuraavilla rakenteilla olisi  $0,116 \text{ W/(m}^2\text{/K)}$

Ulkoseinän rakenne olisi seuraava sisäpinnasta: US1

- kipsilevy 13mm
- koolaus k600/ levyvilla knauf 50mm ( $0,034 \text{ W(m K)}$ )
- höyryn- /ilmansulkumuovi
- runko koolaus k600/ puhallusvilla 220mm ( $0,034 \text{ W(m K)}$ )
- kyproc / tuulensuoja 9,5 mm ( $0,021 \text{ W(m K)}$ )
- lautakoolaus ristiin
- lautapaneeliverhous

Toinen tapa olisi eristää koko runkopaksuus puhallusvillalla ja tällöin sähköjohdot ja muut seinän sisään jäävät putkitukset tulisivat höyrynsulkumuovin ulkopuolelle. Runko tulisi tehdä tuplarunko menetelmällä, jotta runko paksuus samalla kohtaa ei ole yhtä paksu kuin eristeen paksuus. 125mm ja 100mm runkotalppien väliin 50mm tyhjä väli, joka puhaltaessa täyttyy villalla. Muovin läpi tehtävien läpivientien tiivistämisen huolellisuus korostuu ja on hyvin merkittävässä osassa, jotta vuotopaikkoja ei muovii synny. Ulkoseinän U-arvo seuraavilla rakenteilla olisi  $0,113 \text{ W/(m}^2\text{/K)}$



Ulkoseinän rakenne olisi seuraava sisäpinnasta: US2

- kipsilevy 13mm
- höyryn- /ilmansulkumuovi
- runko koolaus k600/ puhallusvilla knauf 275 mm (0,034 W(m K))
- tuulensuojalevy kyproc 9,5 mm (0,021) W(m K))
- lautakoolaus ristiin
- lautapaneeliverhous

U-arvojen laskeminen on esitetty tarkemmin seuraavassa osiossa U-arvon laskeminen, jossa laskut on esitetty laskutaulukoiden avulla. Taulukoissa myös tarkempi selvitys määreistä ja arvoista, mitä kukin tarkoittaa. Ulkoseinärakenteista löytyvät leikkauskuvat työn lopusta liitteenä. [ 1; 12. ]

## 11.5 U-arvojen laskeminen

Taulukko 1. Lasketaan taulukkolaskennalla US1 seuraavasti:

U-arvon laskeminen								
<b>Aine</b>	<b><math>\lambda_n</math></b>	<b>d</b>	<b>R</b>					
<b>laatu</b>	<b>W/mK</b>	<b>m</b>	<b><math>m^2 K/W</math></b>			<b><math>\lambda_n</math></b>		
Pinta/massa	0,13	-	0,130	$R_{si}$				
Kipsilevy	0,21	0,013	0,062	$R_1$		$\lambda_n$ =	normaalinen lämmönjohtavuus	
min.villa levy	0,034	0,05	1,471	$R_2$		d=	paksuus	
Hs-muovi	0,02	0,0002	0,010	$R_3$		R=	lämmönsiirtovastus	
Lasivilla knauf	0,034	0,22	6,471	$R_4$		$R_{si}$ =	sisäpuolinen pintavastus	
ts-levy kyproc	0,021	0,0095	0,452	$R_1$		$R_{se}$	ulkopuolinen pintavastus	
				$R_1$				
Pinra/massa	0,04		0,040	$R_{se}$				
		<b>R=</b>	<b>8,635</b>					
		<b>U=</b>	<b>0,116</b>	<b>W/m<sup>2</sup>K</b>				

Taulukko 2. Lasketaan taulukkolaskennalla US2 seuraavasti:

U-arvon laskeminen								
<b>Aine</b>	$\lambda_n$	<b>d</b>	<b>R</b>					
<i>laatu</i>	<i>W/mK</i>	<i>m</i>	<i>m<sup>2</sup> K/W</i>			$\lambda_n$		
Pinta/massa	0,17	-	0,170	R <sub>si</sub>				
kipsilevy	0,21	0,013	0,062	R <sub>1</sub>		$\lambda_n$ =	normaalinen lämmönjohtavuus	
Hs- muovi	0,02	0,0002	0,010	R <sub>2</sub>		d=	paksuus	
Lasivilla knauf	0,034	0,275	8,088	R <sub>3</sub>		R=	lämmönsiirtovastus	
ts-levy kyproc	0,021	0,0095	0,452	R <sub>4</sub>		R <sub>si</sub> =	sisäpuolinen pintavastus	
				R <sub>1</sub>		R <sub>se</sub> =	ulkopuolinen pintavastus	
				R <sub>1</sub>				
Pinra/massa	0,04		0,040	R <sub>se</sub>				
		<b>R=</b>	<b>8,823</b>					
		<b>U=</b>	<b>0,113</b>	<b>W/m<sup>2</sup>K</b>				

Taulukko 3. Lasketaan taulukkolaskennalla yläpohja seuraavasti:

U-arvon laskeminen								
<b>Aine</b>	$\lambda_n$	<b>d</b>	<b>R</b>					
<i>laatu</i>	<i>W/mK</i>	<i>m</i>	<i>m<sup>2</sup> K/W</i>			$\lambda_n$		
Pinta/massa	0,1	-	0,100	R <sub>si</sub>				
Kipsilevy	0,21	0,013	0,062	R <sub>1</sub>		$\lambda_n$ =	normaalinen lämmönjohtavuus	
Hs- muovi	0,02	0,0002	0,010	R <sub>2</sub>		d=	paksuus	
Lasivilla knauf	0,034	0,45	13,235	R <sub>3</sub>		R=	lämmönsiirtovastus	
				R <sub>4</sub>		R <sub>si</sub> =	sisäpuolinen pintavastus	
				R <sub>1</sub>		R <sub>se</sub> =	ulkopuolinen pintavastus	
				R <sub>1</sub>				
Pinra/massa	0,04		0,040	R <sub>se</sub>				
		<b>R=</b>	<b>13,447</b>					
		<b>U=</b>	<b>0,074</b>	<b>W/m<sup>2</sup>K</b>				

Taulukko 4. Lasketaan taulukkolaskennalla alapohja (ryömintätilallinen) seuraavasti:

U-arvon laskeminen				$R = \frac{d}{\lambda_n}$			
<b>Aine</b>	<b><math>\lambda_n</math></b>	<b>d</b>	<b>R</b>				
<b>laatu</b>	<b>W/mK</b>	<b>m</b>	<b>m<sup>2</sup>K/W</b>		<b><math>\lambda_n</math></b>		
Pinta/massa	0,17	-	0,170	R <sub>si</sub>			
lattia-lauta	0,12	0,028	0,233	R <sub>1</sub>	$\lambda_n$ =	normaalinen lämmönjohtavuus	
Hs-muovi	0,02	0,0002	0,010	R <sub>2</sub>	d=	paksuus	
Lasivilla knauf	0,034	0,32	9,412	R <sub>3</sub>	R=	lämmönsiirtovastus	
Ts-levy kuitu	0,056	0,025	0,446	R <sub>4</sub>	R <sub>si</sub> =	sisäpuolinen pintavastus	
				R <sub>1</sub>	R <sub>se</sub>	ulkopuolinen pintavastus	
				R <sub>1</sub>			
Pinna/massa	0,04		0,040	R <sub>se</sub>			
		<b>R=</b>	<b>10,312</b>				
		<b>U=</b>	<b>0,097</b>	<b>W/m<sup>2</sup>K</b>			

## 12 Tuotteen kehittäminen ja markkinointi

Tuotteen asennustekniikan ansiosta voisi tuotteella olla vielä kehityksen sarkaa, esimerkiksi erityyppisten uusien seinärakenteiden eristämisessä. Kuinka ulkoseinän rakentaminen ja eristäminen olisi mahdollisimman vaivatonta ja toimivaa, tuotteen avulla. Suunnittelussa tulisi ottaa huomioon erilaiset riskirakenteet. Voitaisiinko tuotteen tai menetelmän avulla ratkaista jo ennestään tunnettuja riskirakenteita ja löytää hyviä toimivia korjausratkaisuja.

Kehitystyössä mukana olisi hyvä olla talovalmistajia ja heidän suunnittelijoita. Henkilöillä tulisi olla tietämystä rakennusfysiikasta sekä käytännön asennustekniikasta, jolloin voidaan luoda detaljeja, jotka ovat käytännössä mahdollisia. Tuotetta tulisi markkinoida enemmän yksityisille rakentajille, rakennusliikkeille ja talovalmistajille. Talovalmistajat olisi hyvä saada innostumaan tuotteesta ja sopimuksen myötä tehtäisiin yhteistyötä talojen eristämisessä heidän kanssaan.

## 12.1 Markkinointi

Puhallusurakoitsijan kannalta asiaa katsottuna olisi urakoitsijan tehtävä markkinointisuunnitelma. Suunnitelman voisi tehdä joko itse mikäli ammattitaitoa ja aikaa riittää, tai sitten siihen voisi ottaa apuja markkinointipalveluja tarjoavilta yrityksiltä. Markkinointi kannattaisi kuitenkin kokeilla aluksi urakoitsijan itse jos ei halua satsata siihen rahallisesti niin paljoa.

Markkinointia olisi hyvä lähteä suorittamaan siitä että ottaisi markkina-alueista selvää koko Suomen alueelta. Millä alueella olisi kilpailua vähiten ja kuinka laaja markkina-alue olisi mahdollista olla. Tähän vaikuttaa urakoitsijan resurssit, jotka urakoitsija on valmis satsaamaan urakoimiseen. Minkälaisella kalustolla, miehityksellä ja kuinka kauas palveluita aletaan viedä. Toki markkina-aluetta voi ja pitääkin mahdollisuuksien mukaan kasvattaa toiminnan ja kysynnän kehittyessä. Aluksi ei kannata kuitenkaan haukata liian suurta palaa.

Markkinointia tulisi alkaa suorittaa erilaisilla mainoksilla ja tuotteen esittelyillä. Jos mahdollista niin urakoitsija voisi palkata yritykseen työntekijän, joka vastaisi tuotteen markkinoinnista. Hyvin usein tällaiseen palkkaukseen ei yrittäjällä aluksi ole varaa, joten markkinointityötäkin on tehtävä yrittäjän itse. Mainoksia voisi laittaa paikallislehtiin, rakentajien julkaisuihin jne.

Tuotteen esittelyjä tulisi pitää alaan liittyvillä ja mahdollisesti muillakin messuilla. Tuotetta voisi käydä esittelemässä ovelta ovelle taktiikalla rakennusliikkeille ja suunnittelu-toimistoille, sillä alkutaipaleella olisi tärkeää saada vakituisia ja varmoja asiakkaita. Isoimmat rakennusliikkeet ja rauta-kauppaketjut tekevät sopimuksensa yleensä valmistajan kautta ja sitten urakoitsija tekee työn valmistajan laatiman sopimuksen mukaan.

Nykyaikana ihmiset hakevat myös paljon tietoa Internetistä ja näin myös monet yritykset ovat siirtyneet Internet aikaan. Tuotteen valmistajan sivut sekä urakoitsija omat Internet-sivut toimivat siis näin valtavana mainoskyltinä. Asiakas haluaa nykypäivänä tiedon löytyvän mahdollisimman vaivattomasti ja haluaa itse valita tavan jolla ottaa yhteyttä yritykseen. Näin Internetin kautta löytyvät numerot ja sähköpostiosoitteet joiden avulla asiakas voi yhteyttä ottaa. Yrityksen kotisivujen avulla voidaan luoda tuotteista ja palveluista todella kattava tietopaketti nettiin, että asiakas saa varmasti tarkan

kuvan mitä tarjolla on. Sitten vaan alkaa yritykseltä hintoja ja tarkempia tietoja tiedustelemaan.

Kuitenkin vielä modernin maailman keskellä toimii myös vanhat mainonnan keinot. Urakoitsijan on tärkeää huolehtia myös ulkoisesta imagosta ja näkyvyydestä. Tämä tarkoittaa sitä että kun puhallusvilla-autot liikkuvat työmailta toisille ovat ne samalla myös isoja mainoskylttejä ja imagon luojia. Tästä syystä tulee panostaa autojen ulkonäköön ja mainosteippauksiin. Tarvittavat yhteystiedot ja iskevät mainos lauseet voivat tuoda asiakkaita päivittäin lisää autojen liikkeessa kentällä.

Maine kiirii pitkälle ja huono maine valitettavasti vielä pitemmälle. Siksi yrittäjälle on tärkeää pitää korkeasta työn laadusta kiinni, jotta sana yrittäjän tekemistä töistä leviäisi positiivisessa mielessä ja toisi näin lisää asiakkaita. Laadun ylläpitämiseen on työkaluja, joita on tärkeä käyttää sen yllä-pitämiseen. Asiakastyytyväisyys kysely ja itse tehtävä laaduntarkkailu ovat näistä tärkeimmät. [ 6.]

## 13 Yhteenveto

Tämän päivän puurakenteisien talojen seinien eristäminen Suomessa tehdään suurimaksi osaksi levyvillalla. Tämän olen itsekkin havainnut kun olen yläpohjan eristystöissä sekä rakennustöissä pientalotyömaita kiertänyt. Syynä lienee se että levyvillalla on eristetty jo niin pitkään puurunkoisia taloja että sen eristyskykyyn ja asennustekniikkaan luotetaan eniten. Toki levyvillatkin ovat kehittyneet lämmöneristys ominaisuuksiltaan ja rakenne ominaisuuksiltaan sekä tulevat vielä lisää kehittymään. Valmistajia on tullut lisää ja materiaaleja on tullut myös lisää. Puhallettavia eristeitä Suomen markkinoilla ovat selluvilla ja lasivilla. Selluvilla on näistä ollut pitempään markkinoilla.

Lasivilla on kuitenkin ollut jo pitemmän aikaa muualla maailmalla valtavan suosittu eristysmenetelmä ja näkisin että mahdollisuudet Suomessa lasivillapuhaltamisen yleistymiseen ovat hyvät. Sitä puhalletaan suomessa koko maan alueella, urakoitsijoita löytyy kymmenen ympäri suomen. Sen asennustekniikan ansiosta se antaa rakentajalla mahdollisuuden toteuttaa vaikeampikin rakenne hyvin eristettynä. Muutenkin se helpottaa rakentajan työtä koska eristys tulee valmiiksi asennettuna kun kaupat työstä tehdään.

Levyvillan asentamisessa ja leikkaamisessa on oltava äärimmäisen huolellinen ja tarkka jotta eriste kerroksesta tulee tiivis. Puhaltamalla tiiveydestä voidaan varmistua helpommin koska ilma puristaa villan kiinni runkotolppiin ja työn ohessa tehdyn testin sekä työkokemuksen perusteella on asia saatu itsekin todistettua. Kustannuksiltaan se on kilpailukykyinen levyvillaeristeiden ja selluvillaeristeiden kanssa. Työtä tehdessä olen todella huomannut eristemenetelmän monipuolisuuden ja mahdollisuudet, mihinkä kaikkeen sitä voi käyttää. Olen itse ollut työmailla mukana tekemässä eristyksiä ja huomannut sen toimivuuden. Toimeksiantaja yritys on esitellyt villaa myös kaksilla messuilla ja vastaanotto on ollut yllättävän positiivinen. Erityisesti sitä kautta huomasimme että eristyksen kysyntä sijoittuu paljon juuri myös korjausrakentamisen puolelle ja lisäeristykseen, mutta myös uusiin kohteisiin. Korjausrakentamispuolella eristemenetelmä on kuitenkin mielestäni kaikkein suurimmassa arvossa, koska sen avulla voidaan todella hankaliakin kohteita eristää ja tehdä hyviä korjattuja seiniä.

## Lähteet

1. Ril 249-2009 Matalaenergiarakentaminen asuinrakennukset. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto, Helsinki, 2009
2. Rakennustieto. RT-tuotekortti. Ekovilla. 2012.[Luettu 12.3.2013.]  
[http://www.ekovilla.com/fileadmin/user\\_upload/dokumentit/RT-kortti\\_Ekovilla\\_2012\\_2.pdf](http://www.ekovilla.com/fileadmin/user_upload/dokumentit/RT-kortti_Ekovilla_2012_2.pdf)
3. Knauf insulation. Tuotetieto. 2012.[Luettu 12.3.2013.]  
<http://www.knaufinsulation.fi/fi-fi.aspx>
4. Mäkinen, Tero. Business Development Manager, [tero.makinen@knaufinsulation.com](mailto:tero.makinen@knaufinsulation.com)
5. Bridle, Crish. [crish.bridle@knaufinsulation.com](mailto:crish.bridle@knaufinsulation.com)
6. RKM Laakkonen, Olavi. Savo-Karjalan Eristys Ja Saneeraus OY
7. DI Turtiainen, Tarmo. Talomyynti Tarmo Turtiainen [Haastattelu 23.3.2013.]
8. Paroc. Tuotetieto. 2012.[Luettu 15.3.2013] <http://www.paroc.fi/ratkaisut-tuotteet/ratkaisut> <http://www.paroc.fi/dokumentit-ja-tyokalut>
9. Rakennustieto. RT ohjekortti. 2005.[Luettu 4.2.2013]  
<https://www.rakennustieto.fi/kortistot/rt/kortit/10850.html.stx>
10. Suomen Rakentamismääräyskokoelma C4. 2012. Rakennustieto. Helsinki
11. Etelä-Karjalan Eriste Oy, [infi@etelakarjalaneriste.fi](mailto:infi@etelakarjalaneriste.fi) [Sähköposti 23.2.2013]
12. Taloon.com. Nettirautakauppa. Tuotteet. <http://www.taloon.com/>
13. Rakentajain kalenteri 2013, Rakennustieto OY 2013 Helsinki
14. ROK. rakennusosien kustannuksia 2013. Rakennustieto OY 2013 Helsinki.
15. Suomen Rakentamismääräyskokoelma C2, 1998. Rakennustieto. Helsinki

### Kuvia puhalluskohteista

Kuvat ovat uuden hirsitalo kohteen yläpohjanpohjan ja alapohjan eristämisestä supafill frame villanpuhallus menetelmällä. Käytettävä villa on knaufin lasivillaa. Kuvassa 10. näkyy kuinka yläpohjan koteloiden eristäminen tehdään alumiinisuulakeputkea apuna käyttäen. Puhaltaja hallitsee villan tuloa kaukosäätimellä, jolla villan tulo käynnistetään ja pysäytetään. Kaukosäädin näkyy kuvassa puhaltajan kaulassa. Suojavarusteita puhaltajalla on hengityssuoja, suojahaalari, suojakäsineet, suojalasit, turvajalkineet ja akkukäyttöinen otsavallo.



Kuva 10. Puhaltaja puhaltaa yläpohjan koteloa.



Kuvassa 11. näkyy yläpohja palkistoon nidottu kuitukangas jonka läpi kotelo puhalletaan täyteen. Puhallustyön alkaessa on muut rakennustarvikkeet siirrettävä tieltä pois, jotta puhaltaja voi liikkua esteettömästi.



Kuva 11. Kuitukangas asennettuna yläpohjaan.

Kuvassa 12. yläpohjan kotelot ovat täyteen puhallettuna. Kuvasta huomaa kuinka harso kangas jää pullottamaan hieman yläpohjapalkiston yläpuolelle joka kuitenkin painuu sisään asennettaessa pintamateriaalia, kuten kyproc levyjä. Kuvassa 13. näkyy yläpohjan kotelot alapuolelta muovin läpi ja kuvasta voi huomata kuin tiiviisti villa on täyttänyt kotelot.



Kuva 12. Yläpohja valmiiksi puhallettuna.

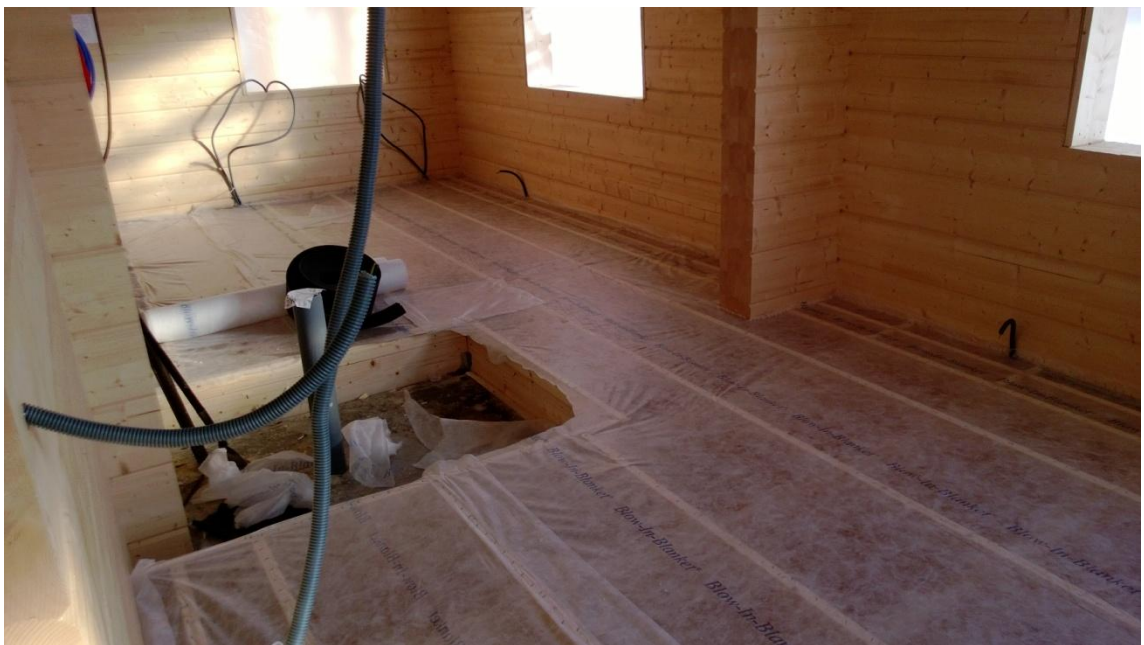


Kuva 13. Yläpohja alapuolelta.





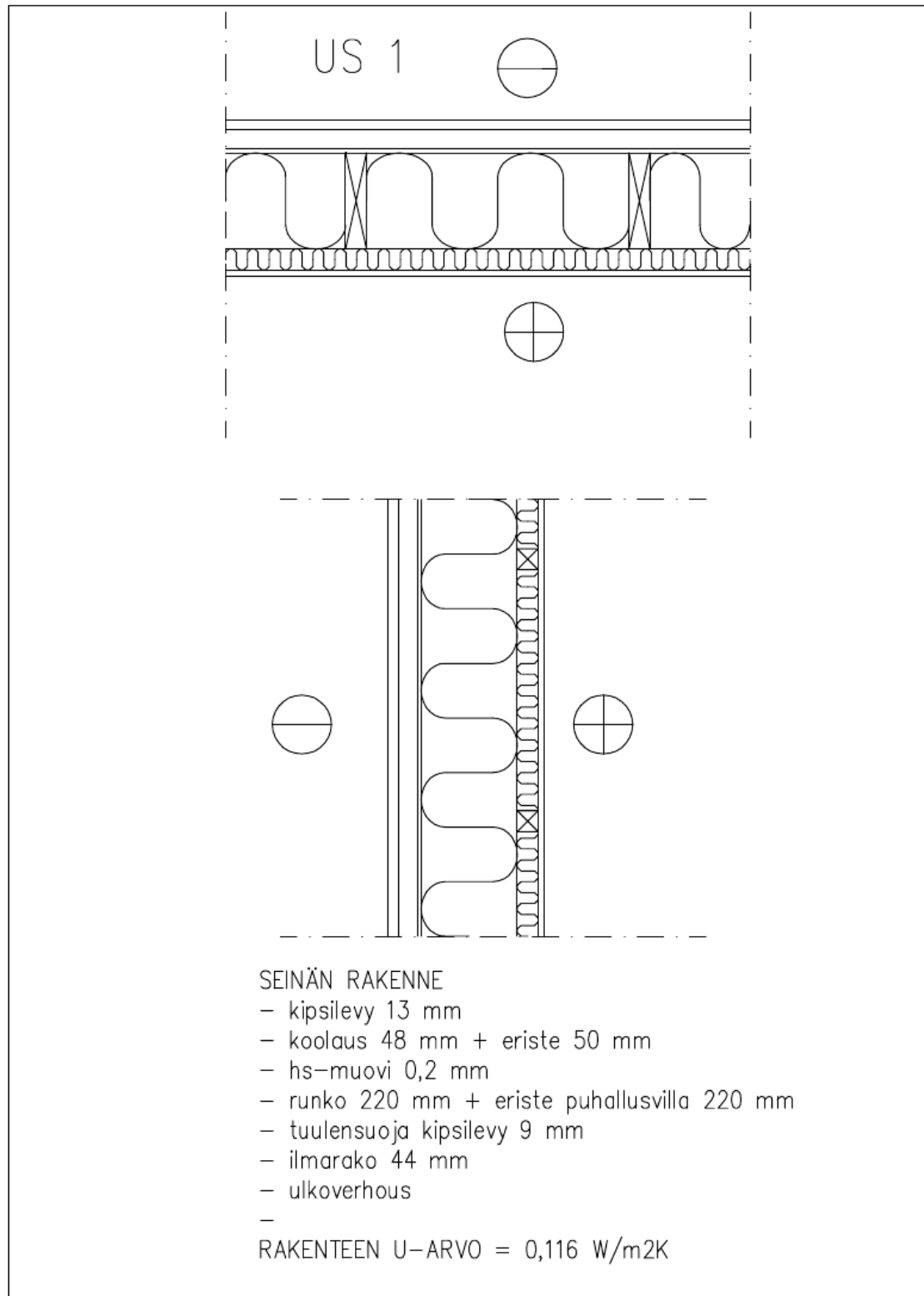
Kuva 14. Hirsitalon yläpohja kotelot odottavat puhallusta.



Kuva 15. Hirsitalon alapohja.

Kuvassa 15. Rossipohjainen hirsitalon alapohja, johon on asennettu harsokangas nitomalla lattia vasojen pintaan. Seuraava työvaihe alapohjaan on koteloiden puhallus.

**Matalaenergiatalon seinän leikkauskuva US1**



**Matalaenergiatalon seinän leikkauskuva**

